

缅甸硅化木(“树化玉”)的成因

王义昭

WANG Yi-zhao

云南省区域地质调查队 云南 玉溪 653100

Regional Geological Survey Party of Yunnan Province, Yuxi 653100, Yunnan, China

摘要:近年,中国宝玉石和观赏石市场上出现了一种十分受人青睐的玉石品种——缅甸“树化玉”(硅化木),媒体广告对其宣传有加,给人们带来无限商机。但对其成因环境之说却十分离谱。现试图避开商业炒作的市场环境,拟从地质科学的角度,以地质事实为依据,揭示缅甸树化玉(硅化木)形成的奥秘。

关键词:缅甸;树化玉(硅化木);新近纪;新特提斯;汇聚边缘火山喷发环境

中图分类号:Q914.2⁺1 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2011)10-1628-10

Wang Y Z. The genesis of silicified wood (shuhuiyu) of Myanmar. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(10):1628-1637

Abstract: There has recently appeared a jade species favored by more and more people on China's jewelry and jade market—"shuhuiyu" (silicified wood) of Myanmar. Advertisement on mass media has made excessive propaganda, which has brought infinite trade opportunity to merchants. However, the hypothesis about its genesis is far away from what is normal. Attempting to steer clear of the market environment of excessive business propaganda, this paper tries to reveal the mystery of Myanmar shuhuiyu (silicified wood) from the angle of geoscience and on the basis of geological facts.

Key words: Myanmar; shuhuiyu (silicified wood); Neogene; Neo-Tethys; volcanic eruption environment at the edge of convergence

“树化玉”一名实为古人所创,至少在清朝时就已有人应用,并为其作有“树化玉赋”。树化玉一名源本出自何处现已无从考证。如果将琳石视为民间俗称的“树化玉”,那么在《禹贡》中就提到了,但毕竟未见到树化玉的名字。若以硅化木而论,则早在唐代著名诗人陆龟蒙和杜甫的诗句中就有提及。足可见中国人早就注意到了硅化木的存在。实际上人们都有一个共识:“树化玉”就是硅化木的同族、同宗而异名。但是为什么人们却偏爱把缅甸所产的硅化木称为“树化玉”?除了其具有致密细腻、纹理美观、色彩艳丽等美学观赏价值外,恐怕更多的因素还在于中华民族对玉的情有独钟。“树化玉”一名实际上是人们把自己美好的善意加之于一种自然之物的桂冠,其中却缺少了丰富的科学内涵。这在科学不发达的

时代是无可非议的。作为生活在 21 世纪的人们,尽管可以把“树化玉”作为一种文化传承来加以接受,但是如果能够更好地学习一些自然科学知识,尽可能多地以科学发展观为指导,去认识客观世界,了解事物形成发展的自然规律,使自己能生活得明白、活得实际且不更好。但是人们似乎也会心存顾忌,总怕把事情说透彻了、明白了,反倒缺少了许多神秘和情趣。尤其对商业炒作,也许更喜欢奥妙莫测、无边无际,这样就会捕捉到更多的商机。考虑到“树化玉”一名已广为流传,普遍应用,已无废弃使用之必要,况且有的地方已有结合当地实际将所产硅化木另创新名称谓的惯例。但是笔者作为一个科学工作者,更喜欢以科学的态度去追本求源。为此,本文以“树化玉”为题谈一些认识,以此与读者共飨。

收稿日期:2011-03-21;修订日期:2011-08-15

作者简介:王义昭(1937-),男,教授级高级工程师,从事区域地质调查工作。E-mail:wangxi2004y@126.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

1 “树化玉”应该有其真正的科学含义

“树化玉”实际上是一种缺少科学的命名。如果把其“化”字理解为造化/修炼,那么它应是由自然之力造就的一种玉石。而树虽然是一种有生命力的植物,但它却不能创造出玉石。如果能把名字颠倒过来,称其为“玉化树”似乎更为贴近实际,且与硅化木一名有异曲同工之妙。也较符合树木产生石化而形成的科学成因观点,更有可取之处。说得更明白点,就“玉化树”而言,应该是玉髓化(+蛋白石化)(硅化的一种)的树木,显然这种称谓并未超出“硅化木”的范畴,只不过把硅化更具体化为玉髓化而已。就硅化木的形成而言,它是树木埋藏地下在热液活动的地质条件下(见后文)二氧化硅交代树木的有机质而形成的。这里“化”就是地质科学术语“交代”(一种化学反应)之意。只不过在树变成玉的交代过程中,二氧化硅仅以隐晶质的玉髓和非晶质蛋白石出现,所以,使得所形成的硅化木具有细腻致密的玉石的质感,将其称之为玉也不为过,只是缺少一些科学内涵。笔者认为,人们不必非要摒弃硅化木一词,而采用一种成因不明、含意混沌的“树化玉”来代替它。实际上,有关硅化木的产地和形成环境,在国内外也已有大量报道(见后述),有的也可达到缅甸树化玉的品质。所以,沿用硅化木称谓比较恰当,要不然人们还会误以为缅甸树化玉不是硅化木同族同宗的另类。硅化木的地质科学意义,它实际上应是树木经石化而形成的一种树化石。为了便于人们更好地了解缅甸硅化木的形成过程,本文特采用硅化木(“树化玉”)的表达方式行文。

2 民间流传着若干关于缅甸硅化木(“树化玉”)形成年代和环境之说

缅甸硅化木(“树化玉”)品质优秀、质地细腻、纹理清晰、色彩丰富,多具彩色玛瑙品相,光彩夺目;再加上经过著名寺庙主持开光,显得带了几分仙气而更加弥足珍贵,引来八方名人雅士像朝圣般争相涌入中缅边境附近的边城——芒市、瑞丽来“敬谒”淘宝,都想一试身手,碰碰运气。于是乎一时间缅甸硅化木(“玉化树”)声名大振,接踵而至的就是流传开了有关“树化玉”形成环境和年代的种种说法。电视媒体还多次为其进行了专门报道,专家学者也专门为“树化玉”著书立说。“树化玉”招

来赞美、推测,说法种种,除去个别神话传说外,看来都离不开受地质科学影响的影子,尽管有违地质科学实际,但其初衷还是好的,都想用地质科学知识去揭示和解读有关缅甸“树化玉”的形成环境、形成年代和成因问题。

归纳起来流传的说法有下述 5 种:①“树化玉”形成于石炭纪(距今 3 亿年前)。②“树化玉”形成于 2.5 亿年前的侏罗纪/侏罗—白垩纪(按照地质年代表^[1],2.5 亿年前应为三叠纪早期)。③“树化玉”形成于 1 亿年前白垩纪。以上 3 种说法中都比较一致认同,该区“树化玉”形成前,这里曾经是植物生长繁茂的热带雨林。较多的又都强调“树化玉”的形成与火山活动有关。因为与火山活动有关,有的甚至认为是高温火山岩把树木烧成炭以后再硅化交代所形成的。④由于缅甸地处横断山脉西缘,因此也有人提出由于横断山的造山运动,天崩地裂,把大片森林埋到地下,时间荏苒,长年累月使森林受到地质作用而形成的。⑤“树化玉”形成于低温—高压变质作用环境,将其视为与翡翠硬玉的形成环境条件相同。……

对于“树化玉”成因环境的种种说法笔者不拟在此逐一加以评述,仅就有关情况介绍一些地球科学和相关学科的知识,并披露自己的认识与读者共同研讨。

为了能让读者对硅化木在中国的分布状况和形成地质年代有一个比较全面的了解,笔者特收集了全国目前一些关于硅化木原产地的相关资料,并结合其区域地质特征的综合分析,整理于表 1,供广大关心和热心研究硅化木的同仁和朋友们参考。

除表 1 所列外,在山东临朐、费县、莱芜,河北曲阳,山西长子,河南省孟泽,陕西延安,福建漳浦,内蒙古阿拉善,海南,浙江丽水瓯江,广西百色,四川绵阳三台等地均报道有硅化木发现。在长江中下游河道中发现的碳化木和硅化木已经鉴定的就已达 11 科 16 种之多。在东准噶尔除硅化木外,还发现有钙化木、铁化木等。

在世界上已有 50 余个国家和地区都有硅化木发现(如美国、俄罗斯、澳大利亚、马来西亚、加拿大、缅甸、柬埔寨、南极洲等)。据有关报道,新疆硅化木数量、产地虽在国内位居前茅,就世界范围而言还不及美国亚利桑纳州科罗拉多大峡谷一带,但二者硅化木产出地层的时代均为侏罗纪—白垩纪。

表 1 中国硅化木主要产地及其形成年代

Table 1 Major production places and formation epochs of silicified woods in China

产 地	赋存地层	形成年代	植物组成
贵州省赤水市金花坝 —习水县良村一带	侏罗—白垩系	1.5 亿年左右	松柏类
新疆昌吉市	中—上侏罗统	1.5 亿年左右	松柏、苏铁、银杏等
新疆尼勒克县	中—下侏罗统	1.5~1.8 亿年	松柏、苏铁、银杏等
新疆阿勒泰地区富蕴县 卡拉表里山自然保护区	下—中侏罗统	1.37~1.85 亿年	松柏、苏铁、银杏等
新疆伊犁河谷	下—中侏罗统	1.5~1.8 亿年	松柏、苏铁、银杏等
新疆罗布泊	上侏罗—下白垩统	1.4 亿年左右	？ 云杉、水杉、落叶松、金钱 松、银杏、白桦、木贼、苏 铁、羊齿及矮小灌木
新疆奇台县石树沟	中—上侏罗统	1.5~1.7 亿年	发现有杏木 裸子植物
新疆哈密市“魔鬼城”	上侏罗统	1.4 亿年	？
新疆克拉玛依市	下侏罗统	1.5 亿年	松柏类异木
新疆温泉县天山山谷	下白垩统	1.3 亿年	银杏、松杉类
北京市延庆县	下白垩统	1.4 亿年	松柏类
四川省自贡市	侏罗系	1.6 亿年左右	石松类
四川省射洪县	上侏罗统	1.5 亿年	石松类
重庆永川永泸乡石松坪	侏罗系	1.6 亿年	？
重庆市永川市王坪镇	侏罗系	1.6 亿年	有珍稀树种银杉
四川省安岳县	上侏罗统	1.4 亿年	石松、杉类、似被子 植物、松、柏、银杏
四川省简阳市三岔湖	上侏罗统	1.5 亿年	鳞木？
重庆市綦江县古南镇	上侏罗统	1.5 亿年	裸子植物、似被子植物
内蒙古乌海市	上石炭统	3 亿多年	鞘状木、松柏纲、 李氏中国型木等
辽宁省北票市	下白垩统	1.5 亿年	“热河生物群”发育
辽宁省北票市薛台子	上二叠统	2.5 亿年	乔木与动物化石共生
辽宁省朝阳市	下白垩统	1.5 亿年	？
黑龙江省哈尔滨市	上更新统	2 万多年	松柏类、南洋杉
黑龙江省勃利县	第三系	800~6000 万年	松柏、杉、银杏、桦 树及新品南洋水杉等
山东省日照市莒县	下白垩统	1.35 亿年	松、柏、樟等
浙江省新昌县镜岭安 溪一带及澄潭江一带	白垩系	0.7~1.4 亿年	？
水冲硅化木			
浙江省永康市	中生界	1.6~1 亿年	松
福建省闽侯县兔耳山	下白垩统	1.3 亿年	？
福建省华安县大坪镇	上侏罗统	1.5 亿年	？
广东省湛江市	上侏罗统	1.5 亿年	？
云南省昆明市	上二叠统	2.6 亿年？	树蕨茎干云南辉木
云南省元谋县土林中	下更新统	200 万年	栎属

3 缅甸硅化木(“树化玉”)形成的区域地质背景和生态环境的演变

缅甸硅化木(“树化玉”)主要产在伊洛瓦底江中下游曼德勒省、马圭省和实皆省三省交界的区域,已

发现的产地主要在纳多基、马莱至蒲甘一带,地理上属缅甸中央低地中段伊洛瓦底江流向转自北东向南西转折的两岸平原、丘陵地区。

由于特殊的自然地理环境和地质构造条件,笔者基本认同缅甸硅化木(“树化玉”)形成前该区曾属

于热带雨林生态环境的观点。缅甸硅化木(“树化玉”)具有丰富的形态、纹理、质感和色彩而表现出令人钟爱的仙姿神韵,这与硅化木(“树化玉”)形成以前原始热带雨林生态环境有着密切的联系。从硅化木(“树化玉”)保存完好的木纹结构中可知,有的原木年轮、表皮纹饰、内部木纹理、孔隙构造和枝叉、树结、根瘤等均保存极好,较好地反映了原始生长状态,表现出植物生存时具有很高的分异度的生物多样性特征,使人能够从其组合特征中得到相关森林生长当时的生态环境的若干信息(例如有的木质结构中清楚地辨认出楠木、柚木、台栗木、椰子树等现生热带雨林的主要树种^[2])。因此这些硅化木除去人们所钟爱的美学观赏价值外,还具有很高的科学研究价值。为了能让人们对缅甸硅化木(“树化玉”)成因环境的形成演化有比较清晰的认识,有必要对缅甸自然地理环境的形成过程做简要回顾。

从区域地质资料看,东南亚(包括云南和缅甸)在经历了古特提斯的演化以后,到三叠纪末(距今约2.23亿年)经历了扬子地块与中缅泰马(sibu tai ma)地块之间的碰撞造山作用^[3-4],形成了古特提斯造山带。此后则进入了陆内演化阶段。晚三叠世到古近纪期间,主要为一种陆相干旱炎热气候环境,沉积了以滇西红层为代表的陆相红色碎屑沉积建造,这种环境尤其在晚白垩世到古近纪时期更是发展到了一种极端的情况,以至在滇西和东南亚形成了一套红色膏盐沉积建造^[4-5]。此时,缅甸西部却未形成大片陆地,仍处在新特提斯洋正走向消亡的阶段。这里却继续沉积了一套从弧前盆地到斜坡的深海浊流沉积为特征的复理石建造。晚始新世—渐新世,由于印度板块与欧亚大陆之间产生强烈的碰撞造山作用,上述复理石沉积则逐渐向磨拉石沉积转化,气候也逐渐变得温暖湿润,可能存在的一些大陆边缘的小岛屿逐渐增长形成初始的岛弧环境,同时开始具备火山岩浆弧的雏型^[6-8]。但此时缅甸西部地质构造环境的演化尚未达到质的飞跃,自然地理环境和生态环境并未根本脱离海洋的影响,在岛弧之上开始萌生小块陆岛。

中新世时,由于印度板块北缘高喜马拉雅受到青藏和印度主陆的夹持挤压而快速隆升,南部低喜马拉雅带和西瓦利克坳陷相继形成^[8-9];而处于印度东北的印缅山地,则可能因为印度洋的扩张,加剧推动印度板块强行向北挤入,与缅甸边缘岛弧带产生

强烈的斜向汇聚碰撞,此时边缘岛弧带之下板块俯冲作用仍在进行^[6-7]。此次斜向汇聚碰撞造山作用使印缅山地沿那加山一带褶皱成山,缅甸中央低地则海水大规模南撤而逐渐变为陆地,伴随形成了季风气候环境,为孕育形成热带雨林生态环境创造了条件。从云南和东南亚地区的中新世岩相古地理环境看,广泛发育着陆相山间盆地,并普遍发育以含煤内陆碎屑沉积为特征的沉积建造^[4-5],反映当时古地理古气候环境已经转变为温暖湿润有利于植物生长的环境,这与缅甸中央低地的生态环境演化是一致的,此时缅甸中央低地已经发育形成了成熟的火山岩浆弧^[6]。上述中新世的地质构造演化过程和岩相古地理特点,基本上一直持续到第四纪更新世冰期到来之前。

植物学家朱华^[10]对西双版纳植物生长环境研究后认为,西双版纳热带雨林形成的前提条件是西南季风带来充沛的夏季降雨,山原地貌是在低地干季浓雾对旱季降雨不足给予补偿和北面高山对冬季寒冷气流阻挡的条件下形成的。从前述区域地质构造的演化看,形成这样的地理环境,显然应是在新近纪(中新世)以后,印度板块与欧亚大陆强烈碰撞造山作用后期,喜马拉雅山脉与青藏高原一起隆起上升到了一定高度,为印度洋亚洲季风气候的形成创造了条件后才有热带雨林气候形成的条件^[11]。缅甸与西双版纳同属于东南亚生物地理区(系)^[10]。其自然地理环境的形成,均与喜马拉雅和青藏高原的形成关系密切,同时均受印度洋暖湿气流的影响,具有热带雨林形成的自然地理条件。虽然二者在地质环境上存在一定差异,但大的自然地理环境却表现类同——均处于横断山南延或边缘余脉山原带中。纵观与西双版纳、缅甸处于同一纬度带的阿拉伯半岛大部都形成了大片的干旱沙漠,唯西双版纳和缅甸却形成了大片热带雨林的环境,这正说明前述自然地理和地质构造环境对其起到了决定性的作用。

4 缅甸硅化木(“树化玉”)的成因

缅甸硅化木(“树化玉”)的形成说得直白点,就是热带雨森遭遇了突如其来的强烈的火山岩浆的喷发活动灾难事件。从硅化木未经打磨的原始表皮特征看,一般表面都附有一层白、灰白、黄褐色等灰土状的表皮,主要为火山灰凝结形成的。正如人们所理解的一样,如果森林遭火山岩浆吞噬,必

然会强烈燃烧而化为灰烬,或者烧成炭……。这种理解有其正确的方面,但还是对火山喷发活动缺乏全面的认识。

公元 79 年 8 月 24 日中午，意大利维苏威火山突然从沉睡中苏醒，爆发出震耳欲聋的巨响，瞬间火山喷出的岩浆和火山灰直冲云霄，铺天盖地地降落于山下的庞贝城。几小时之内，6m 厚的火山灰、泥石流就毫不留情地把这座生机勃勃的古城淹埋得无影无踪。短短几小时内，整座庞贝城就变成了万人冢。同时被埋的还有埃尔科拉诺、斯塔比奥两城^[12]，这是自然灾害摧毁人类文明有史以来的一个十分惨痛的悲剧。也许这个悲剧能给我们一定的启示。现今环太平洋周边岛弧/山弧地区、印尼、苏门答

腊,以及贯穿欧亚的特提斯造山带、洋中脊、东非裂谷、青藏高原等构造活动带上,都是火山活动频发的地区。而缅甸西部则刚好处在板块汇聚边缘的新特提斯造山带。正如电视新闻中经常可以见到的像菲律宾群岛、堪察加半岛、印尼爪哇岛、加勒比海等地的火山喷发活动,都曾喷出过大量的岩浆和火山灰物质,并且经常伴随降雨而同时发生泥石流,致使大片森林被掩埋的情况。相信类似的火山活动也曾 在缅甸中央低地发生过。据前所述可以认为,缅甸中央低地在新近纪中新世—上新世时期(距今 2000~600 万年间)的古地理环境都曾发生过类似的火山喷发活动,其地质构造的演化极可能经历了以下主要的过程。

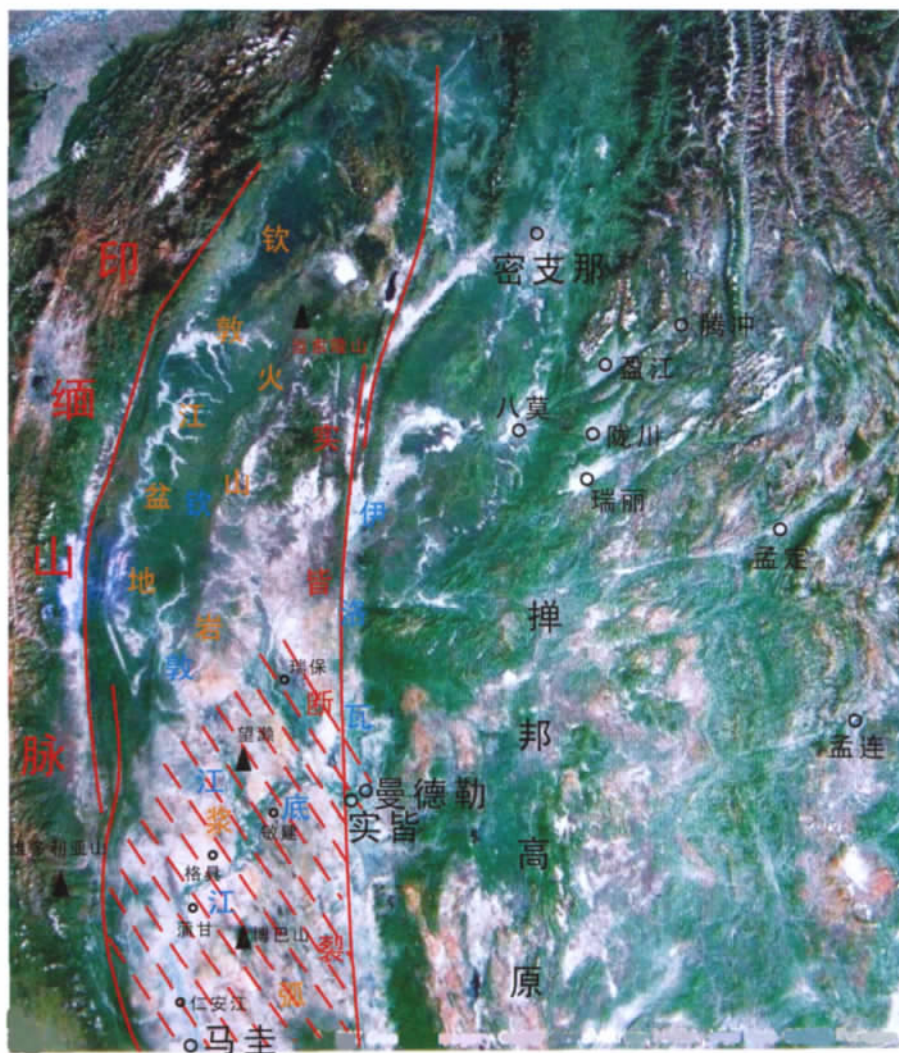


图1 缅甸硅化木产地区域地质构造卫片

Fig. 1 Regional geological structural satellite image of silicified woods in Myanmar

图左下部斜线影区是目前已发现硅化木的范围

古近纪时期(距今 5000~3000 万年),印度板块和欧亚大陆发生强烈碰撞使新特提斯洋闭合,地处主陆间的西缅甸弧带在由洋内岛弧进而发育成为大陆边缘成熟岛弧的过程中,这里成功地实现了由洋到陆的转变^[12],紧随其后于中新世(约距今 2000 万年)印度与西缅甸弧带直接发生斜向汇聚碰撞^[7],海水全面撤退,岛弧发展形成陆地。此时喜马拉雅山脉和青藏高原已经隆起抬升到了一定的高度,为印度洋季风的形成创造了条件,也为热带雨林气候的形成奠定了基础^[10]。为包括缅甸在内的东南亚濒临近海地带的低地山原和海拔低的平原丘陵地区形成了滋养热带雨林的温床,这个时期的缅甸中央低地也形成规模较大的热带雨林。加之缅甸中央低地中心地带已演化形成一条规模大的中酸性火山岩岩浆弧,并且分布着一连串的火山喷发中心,保留了较好的火山机构/火山口,例如当东隆火山、望濂火山、博巴火山等(图 1)。

据有关资料,这些火山主要的活动时间都是新近纪,有的直到第四纪还在活动^[6-7,13-14]。从有关地质记录看^[13-14],中新统上部一下更新统陆相沉积的伊洛瓦底江群中,除已发现硅化木外,有的地方还出现大量火山灰堆积,火山岩分布范围可达 1000km²。从缅甸现已发现的硅化木产出地周围的环境看,望濂和博巴火山口即坐落在附近,实际上还不能排除周围第四系之下还有隐伏火山存在的可能。从卫星照片影像特征看,望濂到博巴山一带可能曾经是新近纪时古火山比较集中活动的地区。由于这种客观的古地理古构造环境,人们完全有理由相信,这里曾经发生过有如公元 79 年维苏威火山那样的甚至可能规模更大的火山喷发活动,大量岩浆和火山灰喷出使大片热带雨林被火山灰和泥石流所席卷淹没,火山口附近有大量岩浆涌出,形成了现今仍保留较好的火山机构。由于大量树木被淹埋在火山灰、泥石流泥浆之下,避免了灼热的岩浆将其烧为灰烬或炭化的可能。通常火山活动区域又是地下热水溶液十分活跃的地方,埋在地下的树木免不了会遭受地下热水的浸泡。一般中酸性岩浆活动地区的热液都具有富含硅酸盐的性质(以富含二氧化硅为特点),并且离地面不深,温度不会很高(估计小于 200℃),加上地表水的不断混入,其温度逐渐下降(二氧化硅的溶解度也会随之降低)。这种处于动态变化中的热水溶液对浸泡其中的树木必然会逐渐进行硅化交代作

用。由于热液活动所经过的途径不同,流经的围岩条件不一样,因此热液的温度和萃取到的矿物质、微量元素有所不同,这就使得硅化交代形成的硅化木除较好地保留了原来树木的木质结构构造特征外,同时形成了色彩丰富、姿态各异、品质不同的各种各样的硅化木化石。由于硅化交代作用是在近地表环境下进行的,热水溶液处于低温状态,所以形成硅化木的硅质成分主要是玉髓和蛋白石。研究认为,硅化是热液作用下产生石英、玉髓、蛋白石、似碧玉等蚀变矿物的交代作用^[15]。从高温(>300℃)到低温(<200℃)的热液条件下,各种岩石都可发生硅化作用,高、中温(>250℃)热液生成的硅化岩主要由结晶态的石英组成,低温(<200℃)热液硅化所形成的岩石常由细晶石英、隐晶质玉髓和非晶质蛋白石、似碧玉等组成。缅甸硅化木的硅质主要是玉髓和蛋白石。因此可以认为,硅化木的形成是含大量二氧化硅的低温热水溶液对树木有机质产生隐晶质玉髓交代作用的结果。这种作用一般可称为玉髓化。如果处在近地表低温条件下,则形成非均晶的蛋白石,可称为蛋白石化。缅甸硅化木硅质成分主要是玉髓,正如笔者在前面提到的,与其称其为树化玉,还不如将其称为玉(髓)化树更好。经地质学家研究,玉髓(又称石髓)是隐晶质石英集合体,宏观上呈均匀的块状构造,纤晶石英在 90%以上^[15]。由于粒间微孔隙和所含共生矿物不同,玉髓的密度会略有变化(2.55~2.70g/cm³),折射率也会产生微小的变化(1.53~1.54),有时还可测出不同部位的折射率差;硬度 6.5~7;多为半透明—近不透明,少数也可达近透明;可显示带状构造。当带状构造明显或具环带构造时则可归为玛瑙。玉髓的光泽可从油脂光泽到玻璃光泽之间变化。玉髓之所以产生不同色彩的变化,主要是所含微量元素或矿物质不同所致。绿玉髓可为各种绿色、翠绿色的铬玉髓,葱绿到暗绿色或具肉红、血红色的是铁玉髓,草绿、浅绿、蓝绿色的镍玉髓多产于澳大利亚(特称澳洲玉)。含硅孔雀石的玉髓呈鲜艳的蓝色或浓绿带青色,可有不同色彩,这一品种的玉髓在台湾较多,当地称其为台湾蓝宝。实际上,玛瑙、碧玉也应属于玉髓的亚类。

仅从上面所述,基本上对缅甸硅化木(“树化玉”)的形成环境和形成过程有了一个比较清楚的了解,相信有关知识会对喜欢和钟爱缅甸硅化木(“树化玉”)的朋友会有所裨益。

图版 I Plate I



1. 硅化木树木纹理和树节显现清楚
表面附着一层火山灰



2. 各类树木形成的硅化木



3. 置身于绿色树丛中的硅化木宛如鲜活的树干

图版 II Plate II



4. 保存原木构造清楚的硅化木



5. 未经打磨的硅化木表面还附着火山灰



6. 原木表皮脱落、内部结构清楚的硅化木



7. 表层构造保存较好的硅化木



8. 硅化木木质构造特征清楚



9. 硅化木木质构造特征清楚



10. 碳化硅化木

图版 III Plate III



11. 不同类型的硅化木



12. 椰子树形成的硅化木



13. 硅化木经打磨后,内部石质表现各异



14. 表面构造保存十分清楚的硅化木



15. 硅化木保留了内部的椰子树构造



16. 腐烂的栗柴和其中的虫迹一起被硅化

5 小 结

综合上述,可以得出以下认识。

(1)缅甸硅化木(“树化玉”)的形成与新特提斯洋的闭合-消减-板块碰撞阶段岛弧中酸性岩浆的喷发活动有关;形成时代应为距今2000~600万年之间的新近纪(中新世—上新世),而不是这之前的任何时代。

(2)火山喷发时缅甸西部的古地理环境中存在生长茂盛、郁郁葱葱的热带雨林气候的植物类型,其中有大量现生的被子植物。新近纪植物界被子植物已基本由现代属种组成,有大量现生种^[16],并且物种组成更加复杂,分化更加明显。这与缅甸硅化木原本植物群所表现的特征是十分吻合的。这从植物进化演化的角度为缅甸硅化木的形成时代提供了有力的证据,表明形成硅化木的植物不会是早于中新世的古老植物群(图版 ~)。

(3)火山喷发时可能发生过大规模的岩浆和火山灰的喷出,并可能伴随着山洪和泥石流的发生。

(4)缅甸硅化木(“树化玉”)是在低温热液硅化交代作用下形成的,其矿物成分主要是隐晶质的玉髓和非晶质的蛋白石。

(5)缅甸硅化木(“树化玉”)形成过程中,热液的温度和所含微量元素、矿物质的不同,使得硅化木产生不同颜色和结构构造的差异。最终才形成了色彩丰富、纹理纹饰构造多样、质感不同的硅化木(“树化玉”)。

(6)缅甸硅化木(“树化玉”)形成于汇聚板块边缘火山岩浆弧的位置。按照Miyashiro^[17]提出的“双变质带”的概念,海沟俯冲带的位置往往形成低温—高压变质带(形成翡翠硬玉),而岛弧上的火山岩浆带则应属于高温—低压变质带的范围。此处所述高温环境是指变质、岩浆作用形成的物理化学条件,实际上这一带伴随岩浆活动还产生大量富含二氧化硅的热液活动,当热液活动处在较高温度(>250℃)时,交代形成的硅化木以细晶/结晶石英为主;只有当热液保持在低温(<200℃)的近地表条件下,二氧化硅才会以微晶—隐晶质玉髓和蛋白石对树木进行交代而形成质感细腻、纹理清晰、结构构造保存完好的硅

化木品种,其中更不乏玛瑙状的硅化木。因此,大地构造环境应属于低压—高温带,具体硅化的形成则是在低压低温条件下,认为缅甸硅化木(“树化玉”)与翡翠硬玉同时形成于低温—高压环境的认识是错误的。

致谢:感谢张西裕高级工程师为本文的修改定稿作出的辛勤劳动。

参考文献

- [1]International Commission on Stratigraphy. International stratigraphic chart[M].copyright(c)2008 international stratigraphic commission on stratigraphy.
- [2]寸建强.硅化木·树化玉[M].北京:地质出版社,2008.
- [3]钟大赉.川滇西部古特提斯造山带[M].北京:科学出版社,1998:198-215.
- [4]王义昭,李兴林,段丽兰,等.三江段大地构造与成矿[M].北京:地质出版社,2000:4-50.
- [5]云南省地质矿产局.云南省区域地质志[M].北京:地质出版社,1990:179-255.
- [6]Mitchell A H G 著,俞如龙译.东南亚主陆、喜马拉雅和西藏地区的显生宙板块边界[C]//青藏高原及邻区地质矿产译文集.成都地质矿产研究所,1982:94-107.
- [7]Mitchell A H G 著,王义昭译.缅甸造山带和苏格兰造山带的类似发展[J].国外地质,1977,10:3-10.
- [8]Audley-charles M G, Latreille M, Nayoan G A A 著,刘怀仁译.从喜马拉雅到东南亚岛弧特提斯造山带造山运动特征的对比[C]//青藏高原及邻区地质矿产译文集.成都地质矿产研究所,1982:108-118.
- [9]王义昭.神奇美丽的横断山:地壳演化塑造的奇迹——“三江并流”世界自然遗产地形成地质背景浅析[J].地质通报,2006,25(1/2):282-294.
- [10]朱华.西双版纳龙脑香热带雨林生态学与生物地理研究[M].昆明:云南科技出版社,2000:154-201.
- [11]施雅风,等.晚新生代青藏高原的隆升与东亚环境变化[J].地理学报,1999,54(1):10-21.
- [12]李军.世界文化与自然遗产[M].北京:大象出版社,2004:78-79.
- [13]李方夏.东南亚地质矿产与矿业经济[M].云南省地矿局测绘院印制,1995:208-224.
- [14]Bender F. Geology of Burma (1:2000000) [M]. Berlin :Gebruder Bonntraeger,1983.
- [15]黄宗礼,张良弼.地质科学大辞典·应用科学卷[M].北京:地质出版社,2005:16.
- [16]刘本培,全秋琦.地史学教程(第三版)[M].北京:地质出版社,1996:234-236.
- [17]Miyashiro A. Metamorphism and metamorphic belts [M].London:GEORGE ALLEN &UNWIN LTD.,1973:348-356.